

ULTRASONIC PROBE, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME AND ULTRASONIC DIAGNOSTIC DEVICE

Publication number: JP2001276067 (A)

Publication date: 2001-10-09

Inventor(s): YAMASHITA YOHACHI; HENMI KAZUHIRO; SAITO SHIRO; TEZUKA SATOSHI; HASHIMOTO SHINICHI; KOBAYASHI TAKASHI +

Applicant(s): TOSHIBA CORP +

Classification:

- international: A61B8/00; G01S15/89; G01S7/52; G01S7/521; H04N7/18; H04R17/00; H04R17/10; A61B8/00; G01S15/00; G01S7/52; G01S7/521; H04N7/18; H04R17/00; H04R17/10; (IPC1-7): A61B8/00; G01S15/89; G01S7/52; G01S7/521; H04N7/18; H04R17/00; H04R17/10

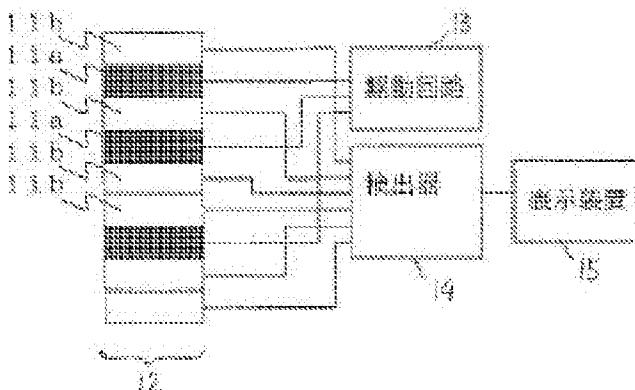
- European:

Application number: JP20000159179 20000331

Priority number(s): JP20000159179 20000331

Abstract of JP 2001276067 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ultrasonic probe which can manufacture two-dimensional array vibrators at a good manufacturing yield and can efficiently receive echoes of wavelengths different from the wavelengths of transmitted ultrasonic waves. **SOLUTION:** An element 11a for transmission using a relaxor titanium-base single crystal material as a piezoelectric body is connected to a drive circuit 11 and an element for reception using a PZT-base ceramic material as the piezoelectric body is connected to a detector 14. The element 11b for reception using the PZT-base ceramic material is higher in resonance frequency than the element 11a for transmission using the relaxor titanium-base single crystal and therefore the second harmonics of the echoes of the element for transmission may be received with good sensitivity.



.....

Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-276067
(P2001-276067A)

(13)公開日 平成13年10月9日 (2001.10.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト ⁸ (参考)
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	4 C 3 0 1
G 0 1 S 7/521		H 0 4 R 17/00	3 3 2 Y 5 C 0 2 4
7/52		17/10	3 3 0 Y 5 C 0 5 4
15/89		H 0 4 N 7/18	Q 5 D 0 1 9
H 0 4 R 17/00	3 3 2	G 0 1 S 7/52	A 5 J 0 8 3

審査請求 未請求 請求項の数 6 書面 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-159179(P2000-159179)

(22)出願日 平成12年3月31日 (2000.3.31)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 山下 洋八

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 逸見 和弘

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74)代理人 100081732

弁理士 大胡 典夫 (外2名)

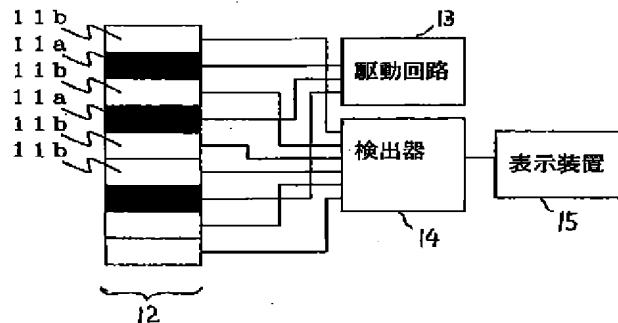
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波探触子、その製造方法および超音波診断装置

(57)【要約】

【課題】 2次元アレイ振動子を製造歩留まり良く作製出来、かつ送信した超音波とは異なる波長のエコーを効率よく受信できる超音波探触子の提供を目的とする。

【解決手段】 圧電体としてリラクサ・チタン系単結晶材料を用いた送信用素子11aを駆動回路11と接続し、圧電体としてPZT系セラミックス材料を用いた受信用素子を検出器14と接続する。PZT系セラミックス材料を用いた受信用素子11bは、リラクサ・チタン系単結晶を用いた送信用素子11aよりも共振周波数が高いために、送信用素子のエコーの2次高調波を感度良く受信することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の動作周波数帯域内で超音波を発信する第1の振動子と、前記発信された超音波の被検体からの反射波を受信し第2の動作周波数帯域を持つ第2の振動子とを2次元面に配列され、前記第1の振動子の前記動作周波数帯域の中心周波数に対して、前記第2の振動子の前記動作周波数帯域の中心周波数が高いことを特徴とする2次元アレイ超音波探触子。

【請求項2】前記第1および第2の振動子は、電極に挟持された圧電体からなる外形寸法が略同一な圧電素子であり、かつ異なる材料からなる圧電体を具備することを特徴とする請求項1記載の2次元アレイ超音波探触子。

【請求項3】前記第1の圧電素子はリラクサ・チタン酸鉛系圧電単結晶からなる圧電体を有し、前記第2の圧電素子はPZT系圧電セラミックスからなる圧電体を有することを特徴とする請求項1記載の2次元アレイ超音波探触子。

【請求項4】前記第1および第2の振動子は、電極に挟持された圧電体からなる外形寸法が略同一な第1及び第2の圧電素子からなり、前記第1の圧電素子の電極は前記2次元面に平行な面または前記2次元面に垂直な面のいずれかに形成され、前記第2の圧電素子の電極は前記第1の圧電素子の電極に直交する前記2次元面に垂直な面または前記2次元面に平行な面のいずれかに形成されていることを特徴とする請求項1記載の2次元アレイ超音波探触子。

【請求項5】基体表面に、複数の平行な切込み部を有するパッキング材を形成する工程と、複数の圧電素子を作成する工程と、

複数のシート状配線基板を準備し、それぞれの前記シート状配線基板上に前記圧電素子を1次元的に配列させると共に、前記シート状配線基板及び前記圧電素子を接合する工程と、

1次元的に配列した前記圧電素子が接合された前記シート状配線基板を、前記パッキング材表面に形成された複数の切込み部に挿入し、前記圧電素子を2次元的に配列させる工程とを有することを特徴とする超音波探触子の製造方法。

【請求項6】被検体に超音波を発信し第1の動作周波数帯域を有する第1の振動子と、前記発信された超音波の被検体からの反射波を受信し第2の動作周波数帯域を持つ第2の振動子とが2次元面に配列され、前記第1の振動子の前記動作周波数帯域の中心周波数に対して、前記第2の振動子の前記動作周波数帯域の中心周波数が高い2次元アレイ超音波探触子と、

前記第1の振動子に接続され当該第1の振動子を所定の周波数の信号で駆動する駆動回路と、

前記第2の振動子に接続され当該第2の振動子から得られる出力信号を検出し、前記所定の周波数の信号の2次高調波を取り出す検出回路とを具備することを特徴とす

る超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波探触子、超音波診断装置および超音波探触子の製造方法に係り、特に、ティシュー・ハーモニック・イメージング (Tissue Harmonic Imaging: 以下THIと称する) などのハーモニック・イメージングに好適な超音波探触子、これを用いた超音波診断装置および、超音波探触子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】医用超音波診断装置や非破壊検査機器の分野において、超音波送受信材料としてPZT (ジルコン-チタン酸鉛) 系圧電セラミックスやリラクサ-チタン酸鉛系圧電単結晶材料が用いられている。これらを短冊状の振動子にして個々の振動子を送受信に用いると、解像度や感度の著しい向上が可能である。これらの装置では、対象物の内部状態を画像化するための送信・受信デバイスとして超音波探触子が用いられている。

【0003】従来、これらの超音波探触子には、PZT圧電セラミック材料を用いた1次元アレイプローブが主として用いられてきた。一次元アレイプローブは、短冊状振動子を複数個配列したアレイ型が多用されている。そして各素子に印加する電圧パルスのタイミングを制御することにより超音波ビームの集束、走査等が行われる。

【0004】しかしながら最近ではさらなる超音波プローブの解像度の向上のために棒状の振動子を2次元に配置した2次元アレイプローブの研究がなされている。小型ではあるが棒状の振動子を用いることによりその振動モードは棒の縦振動であるk₃₃を使用することが出来る。このk₃₃はPZT系のセラミックスでは60~80%、リラクサ-チタン酸鉛系単結晶材料では80~94%であり、高感度化が期待できる。

【0005】一方、現在超音波診断装置においては、微弱血流を捉るためにTHI技術が用いられるようになってきた。

【0006】THI技術においては、送信された超音波(エコー)の2次高調波を受信・検出する。そのためTHI技術を採用した従来の超音波探触子には、圧電素子の共振周波数(動作周波数帯域の中心周波数)を送信または受信の何れかに合わせるか、あるいはその中庸をとるようなことをせざるを得ず、したがって圧電素子の周波数特性を十分に生かすことが出来なくなっている。その結果、駆動回路から送信される駆動電圧を必要以上に高くする必要が生じたり、あるいは受信感度が低下するといった問題に繋がっている。

【0007】また、例えば特開平11-34797号公報には、超音波の送信と受信とを異なる圧電素子で行う技術が開示されている。この技術は受信素子が単層の圧

電素子であるのに対し、送信素子を積層構造にして圧電体層を薄くすることで送信する超音波の強度を向上させるものであるが、同一材料の圧電体を用いた同厚の圧電素子は、その動作周波数帯域内の中心周波数は実質的に変わらない。そのため、特開平11-34797号公報に記載の技術をTHIに採用してもその受信感度を大きく向上させることはできなかった。

【0008】このような問題は2次元アレイプローブの場合、前述のように素子サイズが小さくなり1素子あたりの送受信能力が低下するため更に深刻となる。

【0009】一方、従来2次元アレイプローブのような超音波探触子は、例えば特開平7-170600号公報に開示されるように、一枚の圧電素子を2次元アレイ状に分割している。

【0010】このような手法で作成した場合、分割時に電極剥がれなどによるわずかな不良素子の発生により、多くの良品素子を含んだ超音波探触子が不良品となる。そのため超音波探触子の歩留まりが向上しない。

【0011】また、前述の特開平11-34797号公報に示されるように、各素子を作成後配列し直す方法もあるが、素子間隔を狭くし、かつ各素子を均等に配列するには精密な作業を必要としていた。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、THI技術を用いる従来の超音波診断装置においては、駆動回路から送信される駆動電圧を必要以上に高くする必要が生じたり、あるいは受信感度が低下するといった問題があった。

【0013】また、2次元アレイの作成においては、精密な作業を必要とするためにその製造性を向上させることができなかった。

【0014】本発明はこのような問題に鑑みて為されたものであり、THI技術に対応し、低電力、高感度な超音波診断装置、あるいはこのTHI技術を用いた超音波診断装置に好適な超音波探触子、さらにはこの超音波探触子の簡便な製造方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の2次元アレイ超音波探触子は、第1の動作周波数帯域内で超音波を発信する第1の振動子と、前記発信された超音波の被検体からの反射波を受信し第2の動作周波数帯域を持つ第2の振動子とを2次元面に配列され、前記第1の振動子の前記動作周波数帯域の中心周波数に対して、前記第2の振動子の前記動作周波数帯域の中心周波数が高いことを特徴とする。

【0016】また、前記第1および第2の振動子は、電極に挟持された圧電体からなる外形寸法が略同一な圧電素子であり、かつ異なる圧電材料からなる圧電体を使用することができる。

【0017】また、前記第1および第2の振動子は、電

極に挟持された圧電体からなる外形寸法が略同一な第1及び第2の圧電素子からなり、前記第1の圧電素子の電極は前記2次元面に平行な面または前記2次元面に垂直な面のいずれかに形成し、前記第2の圧電素子の電極は前記第1の圧電素子の電極に直交する前記2次元面に垂直な面または前記2次元面に平行な面のいずれかに形成したものを使用することができる。

【0018】すなわち、探触子の超音波送信用振動子と、超音波受信用振動子とで、共振周波数のことなる振動子を使用することで、送信した超音波とことなる周波数の超音波を高感度に検出することを可能にした。

【0019】一般にTHI技術においては、受信する超音波は、エコーの2次高調波であることから、受信用振動子の共振周波数は、送信用振動子よりもより高周波側に共振周波数を有することが好ましく、具体的には1.5～3倍程度、さらには略2倍程度高周波側に共振周波数を有する振動子を使用することが好ましい。

【0020】本発明の超音波探触子の製造方法は、基体表面に、複数の平行な切込み部を有するパッキング材を形成する工程と、複数の圧電素子を作成する工程と、複数のシート状配線基板を準備し、それぞれの前記シート状配線基板上に前記圧電素子を1次元的に配列させると共に、前記シート状配線基板及び前記圧電素子を接合する工程と、1次元的に配列した前記圧電素子が接合された前記シート状配線基板を、前記パッキング材表面に形成された複数の切込み部に挿入し、前記圧電素子を2次元的に配列させる工程とを有することを特徴とする。

【0021】このように、あらかじめ作成された各振動子を配列してアレイを作成するため、良品の振動子のみを配列させることができることになり、探触子の製造歩留まりを向上させることができる。

【0022】また、一枚の振動子をアレイ状に分断した場合、所定の切断幅が必要なため振動子の配列ピッチを狭くできないが、作成された振動子を配列することで、配列ピッチを所望の値に小さくすることができる。これは、2次元アレイプローブのように、各振動子面積が小さい場合に特に有効である。

【0023】また、一次元的に配列させた振動子をシート状配線基板に接合し、このシート状配線基板を、切込み部を有するパッキング材に挿入することで、振動子の配列作業を簡略化できる。

【0024】本発明の超音波診断装置は、被検体に超音波を発信し第1の動作周波数帯域を有する第1の振動子と、前記発信された超音波の被検体からの反射波を受信し第2の動作周波数帯域を持つ第2の振動子とが2次元面に配列され、前記第1の振動子の前記動作周波数帯域の中心周波数に対して、前記第2の振動子の前記動作周波数帯域の中心周波数が高い2次元アレイ超音波探触子と、前記第1の振動子に接続され当該第1の振動子を所定の周波数の信号で駆動する駆動回路と、前記第2の振

動子に接続され当該第2の振動子から得られる出力信号を検出し、前記所定の周波数の信号の2次高調波を取り出す検出回路とを具備することを特徴とする。

【0025】

【発明の実施の形態】本発明について、図面を用いてより詳細に説明する。

【0026】図1は、本発明の超音波診断装置の一例を示す概略図である。

【0027】超音波診断装置10は、複数の振動子（動作周波数帯域の中心周波数が相互に異なる圧電素子11a、11b）が配列された超音波探触子12、この超音波探触子に駆動信号を送る駆動回路13、および超音波探触子から送られてくる信号を検出する検出器14および検出結果を表示する表示装置15から形成されている。

【0028】駆動回路12から振動子11aの振動周波数帯域の中心周波数の駆動信号が送信されることで、超音波探触子12から被検体へ向けて超音波を発信する。この被検体からの反射波を、振動周波数帯域の中心周波数が駆動信号の周波数よりも高い振動子11bによって受信する。受信信号は、検出器14によって信号処理し反射波の2次高調波を検出し、その結果を表示装置15に表示する。

【0029】図2は、超音波探触子12の一例を示す斜視図である。

【0030】図示するように、超音波探触子12は、スキャン方向に配列した一次元圧電素子群12a、12b、スライス方向に複数個並べて2次元アレイを構成している。スキャン方向に一次元的に配列された各圧電素子群は、発信用振動子を同一スキャン列において選択的に駆動して超音波を収束させつつスキャンし、被検体から戻る反射波のうち2次高調波を受信する振動子により、被検体の所定の深さの状態を検出する。さらにスキャン方向に一次元的に配列した各圧電素子群の超音波の収束距離を少しずつずらすことで、被探触物の2次元アレイに対する垂直な面の断面を探触することが可能となる。

【0031】また、図1で説明したように、超音波探触子12は、駆動回路に接続される圧電素子11aと、検出器に接続される圧電素子11bとが混在している。圧電素子11aに形成される電極のうちの1つは駆動回路に接続し、他方の電極は接地されており、駆動回路からの駆動信号によって、圧電素子11aから超音波が送信される。一方圧電素子11bに形成される電極のうちの1つは検出器に接続し、他方は設置されており、圧電素子11bで受信された超音波は電気信号に変換して検出器に送られる。

【0032】また、各圧電素子の超音波送受信面には、音響整合層22が形成されている。音響整合層22は、圧電素子と被探触物との間で超音波が効率的に伝達する

ように設けている。

【0033】さらに、圧電素子の超音波発信面に対向する面に、パッキング材（図示せず）を配置し、このパッキング材に圧電素子22を接着することが好ましい。パッキング材としては、超音波の減衰させる材質のものが使用され、超音波送受信面と反対側の面から放出される超音波を減衰させ、圧電素子に不要な振動が生じさせない機能がある。

【0034】図3は、圧電素子11a、11bの一例を示す斜視図である。

【0035】圧電素子は、圧電体31とこの圧電体31に電界を印加するように形成された少なくとも一対の電極32、33とからなる。前述したように一対の電極のうち、一方の電極32は駆動回路あるいは検出器に接続され、他方の電極33は接地されている。

【0036】圧電体31は、PZT系圧電セラミックスや、リラクサ・チタン酸鉛系圧電単結晶材料など、既知の圧電材料を使用することができる。PZT系圧電セラミックスとしては、例えばPZTにマグネシウムオブ酸鉛（PMN）やニッケルニオブ酸鉛（PNN）などを5~50mol%程度固溶させた3成分系の材料などを用いることができる。リラクサ・チタン酸鉛系圧電単結晶材料としては、 $Pb(B1B2)_{1-x}Ti_xO_3$ （B1はZn, Mg, Ni, In, Sc, YbおよびLuから選ばれる少なくとも1種、B2はNbおよびTaから選ばれる少なくとも1種、xは0~0.55）で示される化合物の単結晶あるいはこの単結晶の鉛の一部をBa, Sr, Ca, Laの少なくとも1つで置換した化合物の単結晶、より具体的には $Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.91}Ti_{0.09}O_3$ （以下PZNT91/9と呼ぶ）などが使用できる。

【0037】THI用に用いる際には、受信用素子の動作周波数帯域の中心周波数に対し、送信用素子の共振周波数の2倍程度に近づけることが好ましいことから、送信用の圧電素子に用いる圧電体として、一般的に周波数定数の少ないリラクサ・チタン酸鉛系圧電単結晶を、受信用素子の圧電体としてPZT系圧電セラミックスを使用する組合せにすることが好ましい。

【0038】また、圧電素子の膜厚を制御することで、共振周波数の制御を行うことも可能であるが、製造面を考慮すると送信、受信を行う両圧電素子の厚さを同じ値にすることが好ましく、具体的には、圧電体の厚さを200~600μm程度にすればよい。

【0039】また、前記電極32、33は、Au、Ag、Pd、Snなどを主体とした電極材料を形成する。

【0040】電極の形成に際しては、まず、TiやCrなどの下地金属をスパッタ法により0.02~1.0μmの厚みに形成した後、Au、Ag、Pd、Snを主体とする金属及びそれらの合金からなる金属材料、さらには必要に応じ一部絶縁材料をスパッタ法、その他の適当

な方法で1～10μmの厚みに形成する。これらの電極形成はスパッタ法以外でも微粉末の金属粉末と低融点ガラスを混合した導電ペーストをスクリーン印刷やディッピング法、溶射法で形成することもできる。

【0041】さらに、圧電体31の両面に形成した電極32、33間に、所定の電圧を供給し、圧電体を分極することで圧電素子が得られる。

【0042】圧電素子の変形例を図4に示す。

【0043】図4に示された積層圧電素子は、第1電極42、第2電極43とが順次積層されており、各電極間に圧電体41層が形成されている。そして、各第1電極42、各第2電極43は、それぞれ圧電素子の側部で接続されている。

【0044】この第1電極42と、第2電極43との間に所定の電圧を印加し、図に矢印で示したように、隣合う圧電体41を逆向きに分極することで電圧素子を作成することができる。

【0045】このようにして得られる圧電素子の共振周波数領域の中心周波数は、圧電体41のトータルの膜厚で決まるため、図3に示す単層の圧電体を用いた圧電素子と比べた時に、両者と同じ材料で、同じサイズの圧電素子を作成した場合には実施的膜厚tは同じであり、中心周波数は実質的に同程度となる。

【0046】図4に示す積層圧電素子のメリットは、各電極間の距離が小さくなるために、圧電素子を駆動させる電圧を小さくできることにあり、TH1用超音波診断装置に使用する場合には、送信用の圧電素子として特に有効である。

【0047】他の利点としては、圧電素子の容量を大きくできることである。例えば、2次元アレイプローブを作成した場合、各圧電素子の超音波送受信面の面積は、0.1mm²以下の極小さなものになるため、各素子の電気容量が小さくなり、通常駆動信号として用いられる2～5MHzの動作周波数範囲ではインピーダンスが大きくなりすぎ接続ケーブルなどとのインピーダンスマッチングが取れなくなる恐れがあるが、図4に示す圧電素子においては、電極を積層することで、電極間の各圧電体の厚みを小さくし、素子としての電気容量を大きくするため、接続ケーブルとのインピーダンスマッチングが取れ、シグナルノイズ比を大きくできる。

【0048】次に、積層圧電素子の製造方法の一例を図5を用いて説明する（図5a, b, d, e, f, gにおいて、上図は上面から平面図、下図は側部から見た平面図）。

【0049】例えば、図5aに示すような厚みが50～100μm、直径が20～30mm程度のPZTセラミックス板、またはリラクサ・チタン酸鉛系単結晶板からなる圧電体51を複数枚準備し（ここでは円盤状の板）、図5bに示すように圧電体51の両面に電極52を形成する。

【0050】電極52の形成に際しては、まず、TiやCrなどの下地金属をスパッタ法により0.02～1.0μmの厚みに形成した後、Au、Ag、Pd、Snを主体とする金属及びそれらの合金からなる金属材料、さらには必要に応じ一部絶縁材料をスパッタ法、その他の適当な方法で1～10μmの厚みに形成する。これらの電極形成はスパッタ法以外でも微粉末の金属粉末と低融点ガラスを混合した導電ペーストをスクリーン印刷やディッピング法、溶射法で形成することもできる。

【0051】図5cに示すように、電極52が形成された圧電体51を、各電極が接触するように基板53積層し、上部に適当な重し54を載せ、300～800℃の温度で10分程度加熱する。この熱処理温度は電極材料により異なる。例えば80Au/20Snや95Sn/5Agではわずかに300℃程度でもその接合を行うことが出来る。しかし、70Pd/30Agでは800℃程度の温度でないと充分な接合強度を得ることは出来ない。

【0052】このようにして得られた、図5dに示すような積層体を0.2～0.5mm程度の幅で切断し、複数個の、図5eに示すような短冊状の積層体を得る。

【0053】さらに、短冊状の積層体の側面に、図5fに示すように、絶縁性のガラス材料55で電極52を一層おきに被覆し、引続き図5gに示すようにガラス材料55の上から積層体の側面に外部電極56を形成する。

【0054】なお、図5gにおいては、2層目、4層目の電極52にガラス材料55を被覆し、1、3、5層目の電極を接続した側面を示しているが、対向する面においては、1層目、3層目、5層目にガラス材料55を被覆し、2、4層目の電極を電気的に接続している。

【0055】図5gに示す積層体の一対の対向電極56に、0.1～2kV/mmの電圧（電界）を印加したまま、200℃から20℃まで冷却し、圧電体51の分極を行うことで、圧電特性を持たせた。

【0056】さらに、図5hに示すように、0.2～0.5mmの幅で積層体を切断し、図5iに示す圧電素子を作成する（図5hには圧電素子側面を示す平面図を併記した）。

【0057】以下に、より具体的に、超音波探触子の作成方法を説明する。

【0058】（1）送信用素子の作成
圧電体として、PZT91/9固溶系単結晶を用い、この単結晶の（001）板を20mm×20mmに切り出し、厚みを100μmに研磨した。この単結晶板の対向面にAu/Ptにガラスペーストを加えた導電ペーストを塗布し、650℃で焼き付け電極を形成した。この電極が形成された圧電体を5枚積層し、さらに700℃で10分間加熱圧着した。

【0059】得られた積層体を幅0.25mmに切断し、一方の切断面の1、3及び5層目の電極表面と、他

方の切断面の2、4及び6層目の電極表面低融点ガラスを550°Cで形成し絶縁被覆した。その後、各切断面に外部電極をスパッタリングにより形成した。

【0060】この外部電極を形成した積層体を0.25mm間隔で切断し、0.25mm×0.25mm、厚さ0.5mmの圧電素子を作成した。

【0061】さらに、180°Cで外部電極間に0.3kV/mm(約30V)の電圧を印加して圧電体を分極し、その特性を評価したところ、その電気容量は250pFであり、動作周波数領域の中心周波数は約2.0MHz、結合係数k₃₃は80%であった。

【0062】各素子の特性を評価し、良品のみ用意した。

【0063】(2) 受信素子の作成

受信用素子の圧電体はPZTセラミックを用いた。

【0064】作製は通常のグリーンシート積層方法である。まず、厚みが20~100μmのPZT系材料のグリーンシートをシート成型機を用いて作製する。グリーンシート上面にP_t、P_d、A_gなどを主体とする電極ペーストを用いて所定のパターンを印刷する。これらのシートを正確に位置決めし、積層を行う。この後に個別の素子に切断し、脱脂、焼成、送信側素子と同様に外部電極つけを行い、個別の素子を完成させる。素子の大きさは0.25mm×0.25mm、厚さ0.5mmである。

【0065】この圧電素子の外部電極間に、80°Cで2kV/mmの電圧を印加し圧電体を分極した。

【0066】この積層圧電素子の静電容量は200pF、共振周波数は約3.0MHzであり、結合係数k₃₃は65%であった。

【0067】送信用素子と同様にして受信用の圧電素子を作成し、各素子の特性を評価し、良品のみ2000個用意した。

【0068】なお、本実施の形態では、圧電素子の共振周波数を異ならせる方法として、圧電体に用いる材料を異ならせる方法を採用したが、圧電体の膜厚に差を設ける、あるいは超音波送受信面と圧電体の分極方向を異なる方法を採用しても良く、さらには受信素子に2周波素子等を用いても良い。

【0069】ただし、超音波送受信面が平面状になるように圧電素子を配列させることを考慮すると、圧電素子の厚みは略均一にすることが好ましい。

【0070】また、異なる圧電体を使用する方法としては、超音波送信用素子の共振周波数よりも、超音波受信用素子の動作周波数領域の中心周波数が高くなるように、より好ましくは1.5~2倍程度大きくなるような圧電体を使用することが望ましい。

【0071】超音波送受信面と圧電体の分極方向との関係を異ならせる方法とは、例えば、送信用素子は、分極方向を超音波送受信面の面方向と同方向配置し、受信用

素子は、分極方向を超音波送受信面に対して垂直となるように配置するなど、いわゆる2種の圧電素子のうちの一方の圧電素子をk₃₃の振動モードで発生する超音波を、他方の圧電素子をk₃₁の振動モードで発生する超音波を、超音波送受信面から放出できる向きに配置することである。

【0072】2周波素子を用いる方法では、送信素子には図3、図4に示すような単層や積層圧電素子を使用し、受信素子には図9の(a)、(b)に示すような断面構造を有する2周波素子を使用する。

【0073】図9は、2周波素子の一例を示す図である。例えば(a)に示すように、分極された圧電体91と、圧電特性を持たない非分極材料92とを有し、圧電体91の両面に第1の電極93および第2の電極94を形成した圧電素子であり、また(b)は第1の電極95、第1の圧電体96、第2の電極97、第2の圧電体98および第3の電極99を積層し、前記第1の圧電体96と第2の圧電体98とを逆方向に分極した圧電素子である。

【0074】このような2周波素子では、図9(c)に示すように、周波数特性が送信素子の周波数f₁とその2次高調波f₂(f₂=f₁×2)の2つの帯域特性を有するため、高調波成分のみならず、従来の基本波成分の検出も効率的に行なうことが可能であり、THI等のハーモニックイメージ及び従来の基本は成分を利用した断層画像もS/Nの良い画像を作成することが可能である。

(3) 2次元アレイ超音波探触子の作成

(1)、(2)で示すような、共振周波数の異なる送信用、及び受信用の2種の圧電素子を配列して超音波探触子を構成する。

【0075】図6は、超音波探触子の製造方法の一例を示す図である。

【0076】回路配線62が形成されたシート状配線基板63に前述の2種の圧電素子61を1次元的に配列する。各圧電素子の超音波送受信面をシート状配線基板63の端部に位置合わせすることで、各圧電素子の超音波送受信面を直線状に配列することが可能となる。

【0077】なお、回路配線62aは、駆動回路に接続されるものと、検出器に接続されるものとがあり、例えば積層圧電素子は駆動回路に接続される回路配線に、単層素子は検出器に接続される回路配線に接続する。回路配線62bは接地されている。

【0078】受信用素子の数が多すぎると受信回路規模が増大し、システム規模の増大、価格の上昇等を招くこととなり、少なすぎると受信感度の低下(受信信号のS/N劣化)を招くこととなる。

【0079】同様にして、圧電素子を1次元的に配列したシート状配線基板を複数個準備する。

【0080】次に、圧電素子を2次元的に配列する手法

11

について説明する。

【0081】図7は、圧電素子を搭載するパッキング材の斜視図である。

【0082】パッキング材71は、たとえばセラミックなどの所定の基板72表面に形成されている。このパッキング材71は、ゴムなどの超音波吸収能の高い材料から形成されている。このパッキング材71に、等間隔で、平行な切込み部73を形成する。

【0083】また、予め同形状に分割された短冊上のパッキング材71をセラミック基板72表面に平行に接着し、図7に示すようなパッキング材を作成しても良い。

【0084】図8aは、このパッキング材71上に、圧電素子61を2次元的に配列した時の断面図、図8bは、斜視図である。

【0085】パッキング材71に形成された切込み部73に、前述した圧電素子61を1次元的に配列させたシート状配線基板63を、圧電素子61がパッキン部材と接するまで差し込む。このようにすることで、1次元的に配列された圧電素子を、等間隔、さらには超音波送受信面が平面状になるようにして2次元的に配列することが可能になる。

【0086】このような製造方法においては、切込み部73によってシート状基板63を固定するため、前記切込み部の深さは差し込むシート基板の長さ以上にすることが必要となる。さらに、シート基板を全ての溝に挿入後、基板72を取り除くことでシート基板63の信号線端をパッキング材71の底面に露出させる。また、圧電素子61とパッキング材71とを接着剤などを用いて接着することで、圧電素子61あるいはシート状基板63と、パッキング材71との固定化を図ることもできる。

【0087】さらに、このようにして得られる2次元アレイの超音波送受信面に音響マッチング層を形成することで、超音波探触子が作成される。

【0088】このようにして超音波探触子を作成することで、1次元的に配列した圧電素子アレイを簡便に二次元平面に配列することが可能になる。また、圧電素子の分割時に発生する不良素子を予め除去することが可能なため、超音波探触子の製造歩留まりを向上させることができる。

*

12

*【0089】また、得られた超音波探触子は、送信用圧電素子から約2.0MHzの超音波が放出される。そして2次高調波、すなわち周波数4.0MHzを中心とするエコーを受信する受信用素子の動作周波数領域の中心周波数が3.0MHzと高いため、2次高調波の受信感度が向上するため、送信用圧電素子に印加する電圧を抑制することが可能になる。

【0090】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の超音波探触子および超音波診断装置によれば、超音波の受信感度が高まるため、超音波送信のための駆動電圧を抑制することができる。また、本発明の超音波探触子の製造方法によれば、簡便な方法で圧電素子を二次元平面に配列することが可能になる。または、超音波探触子の製造歩留まりを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の超音波診断装置の一例を示す概略図。

【図2】 超音波探触子12の一例を示す斜視図。

【図3】 圧電素子の一例を示す斜視図。

【図4】 圧電素子の変形例を示す斜視図。

【図5】 本発明に係る積層圧電素子の製造方法の一例を説明するための図。

【図6】 本発明の超音波探触子の製造方法の一例を示す図。

【図7】 圧電素子を搭載するパッキング材の斜視図。

【図8】 aはパッキング材上に圧電素子61を2次元的に配列した時の断面図、bはその斜視図。

【図9】 2周波振動子を示す図。

30 【符号の説明】

10 ……超音波診断装置

11 ……圧電素子

12 ……超音波探触子

13 ……駆動回路

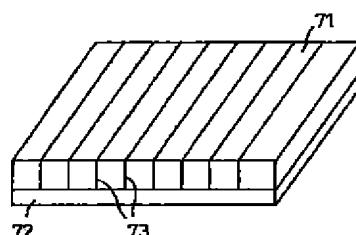
14 ……検出器

15 ……表示装置

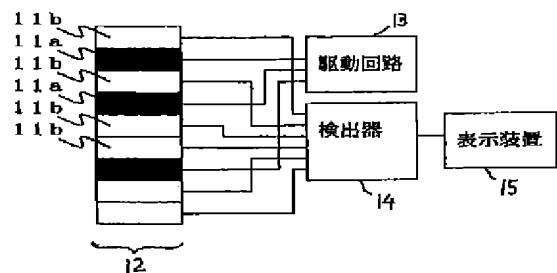
32、33、42、43 ……電極

31、41 ……圧電体

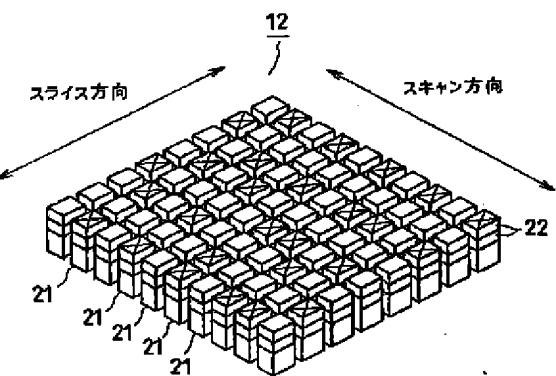
【図7】



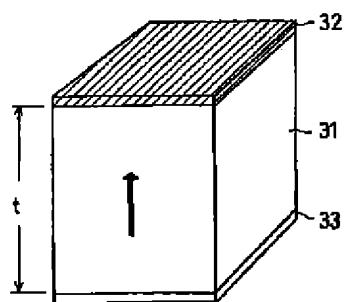
【図1】



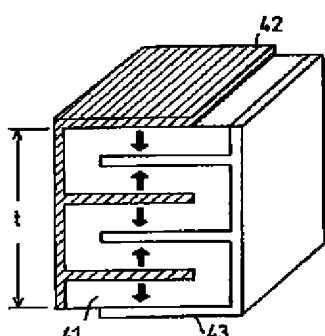
【図2】



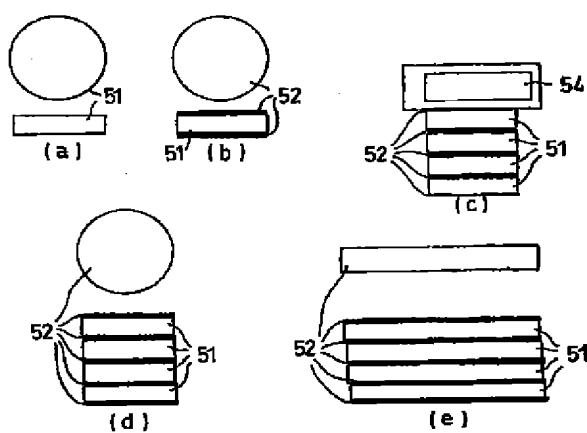
【図3】



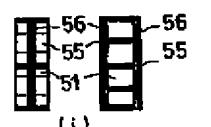
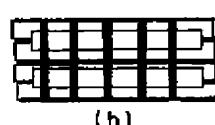
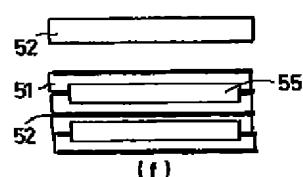
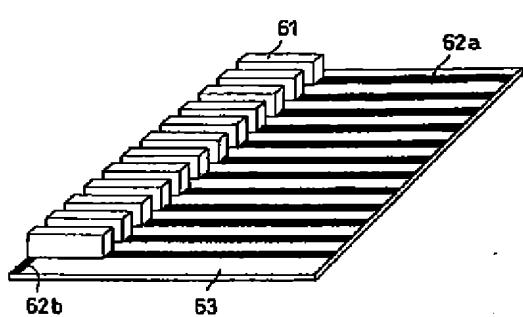
【図4】



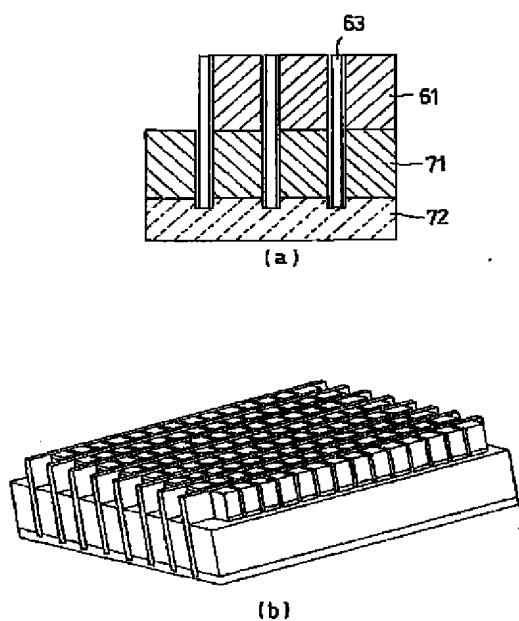
【図5】



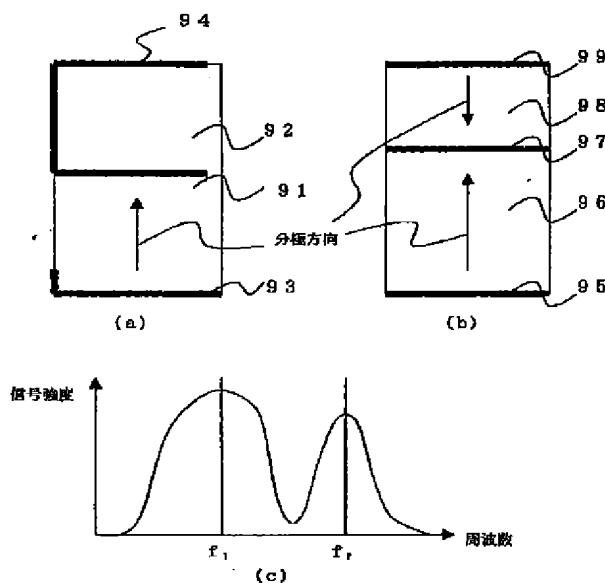
【図6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. 7
H 04 R 17/10 3 3 0
// H 04 N 7/18

(72) 発明者 齊藤 史郎
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
(72) 発明者 手塚 智
栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会社東芝那須工場内
(72) 発明者 橋本 新一
栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会社東芝那須工場内

F I
H 04 N 5/31 テーマコード(参考)

(72) 発明者 小林 剛史
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
F ターム(参考) 4C301 AA03 EE06 EE18 GB10 GB33
GB36 GB39 HH55
5C024 AX09 BX00 CX03 CY47
5C054 CA08 EJ05 HA12
5D019 AA08 BB02 BB19 FF04
5J083 AB17 AE08 CA01 CA13 CA24
CB03

